

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Porovnání ekonomické efektivity využití
jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepelné energie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Michal Balcar

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

**Porovnání ekonomické efektivity využití
jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepelné
energie**

**Evaluation of the economical effectiveness of the
biomass employment for the thermal energy
production**

Bakalářská práce

Autor:

Michal Balcar

Vedoucí práce:

Ing. Hana Čermáková, CSc.

Konzultant:

Ing. Šárka Nováková

V Liberci 12.5.2009

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Ústav řízení systémů a spolehlivosti

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Michal Balcar
studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika
obor: 1802R022 - Informatika a logistika

Vedoucí ústavu Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu:

Porovnání ekonomické efektivity využití jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepelné energie

Zásady pro vypracování:

1. Soustředění a zpracování informací o dispozcích jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepelné energie (rešerše)
2. Vytvoření nákladového modelu přípravy vybraných druhů biomasy k výrobě tepelné energie
3. Výpočet ukazatelů ekonomické efektivity výroby tepelné energie s využitím jednotlivých druhů biomasy
4. Zpracování výsledků do tabulek a grafů, porovnání výsledků, formulace závěrů.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran

Seznam odborné literatury:

- [1] Internet
- [2] Miroslav Synek a kol.: Manažerská ekonomika, Grada Publishing a.s., 2003,
ISBN 80 - 247-0515-X
- [3] Jiří Strouhal: Finanční řízení firmy v příkladech, Computer Press, a.s., 2006,
ISBN 80-251-0913-5
- [4] Knápek, Vašíček, Havlíčková: Ekonomická efektivnost pěstování biomasy pro
energetické účely, ČVUT Praha, VÚKOZ Průhonice, 2001

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Čermáková, CSc.

Konzultant: Ing. Šárka Nováková

Zadání bakalářské práce: 24.10.2008

Termín odevzdání bakalářské práce: **29. 5. 2009**

L.S.

.....
Vedoucí ústavu

.....
Děkan

V Liberci dne



Prohlášení

Byl (a) jsem seznámen (a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom (a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval (a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval především rodičům, kteří mě ve studiu podporovali. Dále bych rád poděkoval vedoucí mé práce paní Ing. Haně Čermákové, CSc. a konzultantce Ing. Šárce Novákové za ochotu, pomoc a odborné vedení, které mi poskytovaly při zpracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Pavlu Felcmanovi za odbornou konzultaci z oboru agronomie a panu Ing. Dušanu Sedláčkovi za konzultaci z oboru lesnictví. Poděkovat bych chtěl také všem, kteří při mně stáli po dobu mého studia.



Anotace

Porovnání ekonomické efektivity využití jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepelné energie

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním ekonomické efektivity využití vybraných druhů biomasy k výrobě tepelné energie (šťovík energetický, kukuřice, pšenice, topol japonský a chřastice rákosovitá). Ekonomická efektivity je vyjádřena celkovými náklady pěstování plodiny na zvolenou měrnou jednotku tepelné energie. Výsledkem práce je vyhodnocení ekonomické efektivity pěstování jednotlivých druhů biomasy a určení rostlin vhodných k energetickému využití.

Anotation

Evaluation of the economical effectiveness of the biomass employment for the thermal energy production

This diplomatic graduation theses contests comparing economic efficiency using particular sorts of biomass {sorrel energetic, maize, corn, japanese poplar tree}.

I compare the whole operation of growing the farm plant from planting to harvest solids and to production thermic energy. The basic part should be interpretation the economic efficiency of growing the particular sorts of biomass. I have selected the suitable farm plant for this type of production from these sorts of biomass.



Obsah

<i>Seznam obrázků.....</i>	<i>9</i>
<i>Seznam tabulek.....</i>	<i>10</i>
<i>Seznam grafů.....</i>	<i>11</i>
<i>Seznam příloh.....</i>	<i>12</i>
<i>Seznam cizích slov.....</i>	<i>13</i>
1 Úvod	15
2 Biomasa	16
2.1 Pevná biomasa	16
2.2 Zdroje biomasy pro energetické využití.....	17
2.3 Plynná biopaliva	18
2.4 Kapalná biopaliva	19
2.5 Parametry biomasy jako paliva	20
2.5.1 Výhřevnost biomasy.....	21
2.5.2 Vliv vlhkosti na výhřevnost.....	21
3 Ekonomická efektivnost	23
4 Postup řešení.....	25
4.1 Pěstební model	26
4.2 Popis dílčích činností pro vybrané druhy biomasy.....	28
4.2.1 Chrástice rákosovitá	29
4.2.2 Šťovík energetický (Uteuša OK)	30
4.2.3 Rychle rostoucí dřevina	33
4.2.4 Kukuřice.....	37
4.2.5 Pšenice	39
4.3 Nákladový model.....	41



4.4	<i>Dotace</i>	45
4.5	<i>Zdroje informací</i>	46
5	<i>Výsledky řešení</i>	48
6	<i>Hodnocení výsledků</i>	50
7	<i>Závěr</i>	56
	<i>Příloha A</i>	57
	<i>Příloha B</i>	58
	<i>Seznam použité literatury</i>	59



Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Porost chrastice rákosovité</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 2: Plocha šťovíku při sklizni</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 3: Plantáž topolu japonského</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 4: Kukuřice</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 5: Pšenice</i>	<i>39</i>



Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Výhřevnost různých druhů paliv</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 2: Výhřevnost použitých plodin</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 3: Výnos produkce a potenciál</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 4: Vývoj nákladů, výnosů a zisků</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 5: Výtěžnost a efektivnost biomasy</i>	<i>49</i>



Seznam grafů

<i>Graf 1: Vývoj nákladů</i>	<i>50</i>
<i>Graf 2: Náklady v jednotlivých letech</i>	<i>51</i>
<i>Graf 3: Souhrnné pěstební náklady</i>	<i>52</i>
<i>Graf 4: Vývoj výnosů</i>	<i>53</i>
<i>Graf 5: Vývoj zisků</i>	<i>54</i>
<i>Graf 6: Ekonomická efektivnost v letech</i>	<i>55</i>
<i>Graf 7: Celková ekonomická efektivnost</i>	<i>55</i>



Seznam příloh

<i>Příloha A Ukázka výsledků rozboru půd.....</i>	<i>57</i>
<i>Příloha B Stanovení ceny výkupu zrna kukuřice, pšenice</i>	<i>58</i>
<i>Příloha C Seznam příloh na CD</i>	<i>59</i>



Seznam cizích slov

Diverzifikace	–	různorodost
Kogenerace	–	společná výroba elektřiny a tepla
Metylester	–	bionafta
Esterifikace	–	reakce alkoholu s kyselinou nebo s jejím derivátem za vzniku esteru a vody
Evapotranspirace	–	je fyzikální proces, kterým se voda z kapalného či tuhého stavu přeměňuje na vodní páru
Aerace	–	provzdušňování, zajišťování přísunu dostatečného množství čerstvého vzduchu, respektive kyslíku
Evaporace	–	vypařování neboli přechod látky (většinou vody) ze skupenství pevného do kapalného



Seznam zkratk a označení

<u>Zkratka</u>	<u>Význam</u>
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
ČOV	čistička odpadních vod
VŠCHT	Vysoká škola chemicko technologická
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky
RRD	rychle rostoucí dřeviny
ČEZ	České energetické závody
DS	draselná sůl
LAV	ledek amonný
DAM	kapalné dusíkaté hnojivo
pH	míra kyselosti
MŽP	Ministerstvo životního prostředí



1 Úvod

V průběhu posledních let je neustále zmiňována otázka obnovitelných zdrojů energie. Můžeme mluvit o rozsáhlých a důležitých změnách pohledu společnosti na tento typ produkce v důsledku neustálého zvyšování cen zdrojů pro výrobu energie, včetně cen tepelné energie a tepla.

Biomasu v současné době můžeme chápat jako rozsáhlé množství přírodního materiálu pěstovaného záměrně pro tepelné využití, anebo jako přírodní odpadní materiál.

Náplní bakalářské práce je porovnání ekonomické efektivity využití jednotlivých druhů biomasy k výrobě tepla. K tomuto účelu byly vybrány čtyři druhy rostlin a jedna dřevina. Všechny tyto plodiny jsou svými vlastnostmi vhodné pro výrobu tepelné energie spalováním.

Ekonomická efektivnost je měřena poměrem nákladů a energetického efektu. K tomuto účelu jsou sestaveny pěstební a nákladové modely, které popisují jednotlivé pěstební procesy a náklady na jejich realizaci v desetiletém pěstebním cyklu. Analýzou výsledků jednotlivých modelů určíme, která z plodin je nejefektivnější. Důležitou složkou vyhodnocení ekonomického efektu pěstování biomasy je finanční účast státu formou dotací, poskytovaných podle formulovaných pravidel pěstitelům biomasy. K vyjádření energetického efektu spalování jednotlivých druhů rostlin byly použity údaje se serveru **www.eis.cz**. Hodnoty jsou uvedeny v podkapitole parametry biomasy jako paliva.

V závěru je porovnán efekt pěstování vybraných druhů biomasy k energetickým účelům pro desetiletý pěstební cyklus.



2 Biomasa

Biomasa je termín v poslední době velmi frekventovaný, jak u nás, tak v EU i v celém světě. Biomasou se obecně míní organická hmota v různých formách využívaná k energetickým účelům jako obnovitelný zdroj energie. V poslední době je biomasa téměř výhradně vnímána jen jako forma kapalná, používaná pro pohonné hmoty v dopravě. Ostatní formy jako by vůbec neexistovaly. Je to dáno především tím, že hledání pohonných hmot náhradou za ropné produkty je stále naléhavější.

Prakticky první palivo, které kdy člověk použil k produkci tepelné energie, je biomasa, ostatní paliva začal používat až mnohem později. Dnes se opět zájem o biomasu dostává do popředí, a to z několika důvodů. Jako hlavní důvod lze uvést očekávaný úbytek fosilních paliv v blízké budoucnosti (očekává se, že většina světových zásob ropy bude spotřebována cca za 50 let).

Biopalivo vzniká cílenou výrobou či přípravou z biomasy. Představuje tedy jedno z možných využití biomasy, kterou lze jinak použít jako stavební surovinu, surovinu k výrobě nábytku, obalů, pro výrobky z papíru atd. Rozlišujeme:

- pevná biopaliva
- kapalná biopaliva
- plynná biopaliva

2.1 Pevná biomasa

Pevná biomasa je nejjednodušší, nejznámější a nejméně investičně náročný způsob využívání ze všech tří uvedených forem. Má přitom největší význam pro venkovské regiony i pro účelnou diverzifikaci energetických zdrojů. Vytápění biomasou má rovněž rozhodující význam i z hlediska energetické bezpečnosti, neboť není výhradně závislé na centrálním dodávání tepelné energie. Největší význam spočívá rovněž v tom, že se spotřebuje v místě svého vzniku – ať už jako vedlejší či odpadní produkt (sláma, štěpka, dřevní odpad), tak jako produkt cíleně pěstovaných energetických rostlin. Tento způsob využívání biomasy vyvrací proto i některé obecné námitky odpůrců biomasy, kdy je nejvíce zmiňována náročnost transportu nebo i pěstování energetických rostlin údajně na velkých plochách a v monokulturách. To se rozhodně netýká pevné biomasy pro vytápění, ale problémy mohou nastat právě při produkci biomasy za účelem získávání pohonných hmot.



2.2 Zdroje biomasy pro energetické využití

Energetické rostliny

V seznamu bylin pro energetické účely, které jsou podporovány Ministerstvem zemědělství ČR, jsou uvedeny ty druhy, které jsou potenciálně vhodné pro tepelné využití. Byly vytipovány na základě víceletých výsledků převážně z maloplošných porostů. Pro provozní velkoplošné pěstování nejsou poskytovány záruky zaručující maximální výnos sušiny.

Velmi vhodnými rostlinami, které by mohly výrazně přispět k výrobě tepelné energie, jsou energetický šťovík, chrastice rákosovitá a topol japonský.

Zemědělské produkty a přebytky

Do této skupiny se dají zařadit veškeré rostliny pěstované na území ČR, patřící mezi obiloviny. Z tohoto typu produkce lze využít celou rostlinu, semeno i stonek, nebo je možné obilí sklídit, zrno zpeněžit a slámu použít pro tepelné využití. Tento typ lze zahrnout do kategorie odpadní biomasy, kdy sláma není cíleně pěstována pro tepelné účely, ale je vedlejším produktem pěstování zrna.

Lesní štěpky

Lesní štěpky [Simanov, 2004, s.9–10] se vyrábějí z klestu, neodvětvených částí stromů, celých stromů, prořezávkového materiálu, tlustších listnatých větví a z nestandardních odřezků kmenového dříví. Mimo lesních štěpek (někdy též nazývaných zelené štěpky) – obsahujících dřevo, kůru i stromovou zeleň, známe hnědé štěpky – obsahující pouze dřevo a kůru, a štěpky bílé – obsahující jen dřevo. Štěpky bílé mohou být použity pro výrobu celulózy a dřevotřískových a dřevovláknitých desek. Protože použití uvedených dvou skupin štěpek může být nejen energetické, ale i technologické, označují se někdy jako technologické štěpky.

Štěpky se mohou dodávat v metrech krychlových, prostorovém metru, tunách a akrotunách (tunách přepočítaných na absolutní sušinu).



2.3 Plynná biopaliva

Plynné biopalivo [Prouza, 2006, s.12–13] – bioplyn je palivem vyrobeným z odpadní biomasy. Bioplyn vzniká při rozkladu organických látek bez přístupu kyslíku v uzavřených nádržích – reaktorech. Tento proces (metanové kvašení) probíhá díky bakteriím pracujícím bez přístupu kyslíku a jeho výsledkem je rozštěpení organické hmoty na anorganické látky a plyn s vysokým obsahem metanu. Zbytky vyhnívacího procesu jsou velmi hodnotným hnojivem nebo kompostem. Bioplyn je směsí plynů tvořenou z 50 – 75% hořlavým metanem, z 25 – 40 % oxidem uhličitým a 1 – 3 % připadá na další plyny, jako jsou dusík, sirovodík nebo vzácné plyny. Výhřevnost bioplynu je závislá na obsahu metanu.

Jako surovinu pro výrobu bioplynu lze použít odpady živočišné i rostlinné výroby – v největší míře se využívá kejda (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou), případně i slamnatý hnůj, kal z ČOV, zelené rostliny, organický odpad a další. Bioplyn se využívá jako motorové palivo pro stacionární motory kogeneračních jednotek vyrábějících teplo a elektrickou energii. V některých případech je nutné předčištění (odsíření) bioplynu před jeho spalováním, aby byly sníženy emise oxidů síry do vzduchu.

Oproti spalitelné biomase jsou výroba a využití bioplynu obtížnější – pro vysoké investiční náklady a tím i vysokou cenu vyrobené energie. Pro využití bioplynu je potřeba pečlivě vybrat vhodnou lokalitu s vysokou a celoročně stálou poptávkou po teple a pokud možno i po elektřině z kogenerační jednotky.



2.4 Kapalná biopaliva

Kapalná biopaliva jsou získávána druhotně, zpracováním pěstovaných energetických rostlin a používají se jako palivo pro spalovací motory automobilů a traktorů (bionafta, etanol), aditivum do kapalných paliv (etanol), či pro výrobu biologicky odbouratelných mazadel. Bionafta neboli metylester rostlinných olejů vzniká chemickou úpravou – esterifikací, při které vzniká hořlavé palivo s podobnými vlastnostmi a výhřevností, jako má běžná motorová nafta. Chemickou podstatou esterifikace rostlinného oleje je záměna glycerinu na metanol v molekule mastné kyseliny. Základní surovinou pro výrobu bionafty je dnes v ČR řepka olejná, bionaftu lze vyrábět i z lněného či slunečnicového oleje, nebo i z použitých rostlinných olejů (např. z restaurací, zařízení hromadného stravování či potravinářského průmyslu). Výhodou bionafty je její rychlá biologická odbouratelnost a samomazací schopnost. V distribuční síti čerpacích stanic dnes najdeme pod pojmem „bionafta“ tzv. směsnou bionaftu druhé generace, která je směsí 30 % bionafty a 70 % ropné nafty. Směsná bionafta má výhodu v lepším spalování v sériových dieselových motorech oproti čisté bionaftě a díky dotacím vlády na výrobu bionafty a nižší spotřební dani je také levnější ve srovnání s klasickou motorovou naftou.

Etanol (kvasný líh či alkohol) se vyrábí alkoholovým kvašením s následnou destilací a je možno jej získat z rostlinných i živočišných surovin s obsahem cukrů a škrobů – cukrové řepy, obilí, brambor ale např. i syrovátky. Etanol je možno využít přímo jako hodnotné palivo pro upravené spalovací motory nebo jako alternativní palivo pro stacionární zařízení, používaná k výrobě tepla. Po chemické úpravě etanolu může být i aditivem do běžných motorových paliv. Pro zajímavost lze uvést, že jednodušší metanol (dřevní líh) se používá jako palivo pro závodní vozy. Na rozdíl od etanolu je však vysoce toxický [Prouza, 2006, s.12].



2.5 Parametry biomasy jako paliva

Přednostně posuzovanou vlastností paliv je výhřevnost – teplo, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva, pakliže voda vzniklá spalováním zůstává v plynném stavu. V tabulce jsou uvedeny hodnoty výhřevnosti některých druhů biomasy, které byly změřeny v Ústavu energetiky VŠCHT Praha. Uvedené hodnoty výhřevnosti byly stanoveny isoperibolickou metodou (tj. při konstantní hodnotě výměny tepla s okolím). Z tabulky je zřejmé, že v hodnotách výhřevnosti sušiny pro jednotlivé druhy biomasy nejsou výraznější rozdíly. Hodnoty byly získány z webových stránek www.eis.cz, kromě klonu topolu japonského. Informaci o výhřevnosti této rostliny poskytl pracovník lesní společnosti.

Tab. 1: Výhřevnost různých druhů paliv 1

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
Dřevo obecně	20	14,23
Sláma obilovin	10	15,49
Sláma kukuřice	10	14,40
Chrastice rákosovitá	10	17,52
Šťovík energetický	10	17,89
Japonský topol	10	16,40
Hnědé uhlí		20-30
Černé uhlí		30-40



2.5.1 Výhřevnost biomasy

Podle [Simanov, 2004, s.14–15] se při oxidačních procesech probíhajících při hoření paliva uvolňuje teplo, které se u tuhého paliva vztahuje k jeho hmotnosti, proto se vyjadřuje v kJ/kg (za teploty 0 °C a tlaku 0,1 MPa). V technické praxi se uvolněné teplo vyjadřuje buď jako spalné teplo Q_v , nebo jako výhřevnost paliva Q_n .

Spalné teplo Q_v je definováno jako množství tepla uvolněného dokonalým spálením určitého množství paliva (obvykle jeden kilogram nebo jedem metr krychlový) při ochlazení spalin až na původní teplotu paliva (tj. 0 °C), přičemž veškerá pára ve spalinách úplně zkondenzovala – tzn. odevzdala úplně své teplo.

Výhřevnost paliva Q_n je množství tepla uvolněného z paliva, přičemž vlhkost paliva zůstane ve spalinách spolu s tepelnou energií, použitou na přeměnu vody ve vodní páru. Hodnota výhřevnosti je tedy nižší než spalné teplo, a to o energii potřebnou k ohřevu vody z původní teploty 0 °C na 100 °C a skupenské teplo vypařované vody. Tato celková tepelná ztráta je přibližně 2500 kJ na jeden kilogram vody, obsažené v palivu.

Zajímavostí je, že v průběhu roku se mění výhřevnost jednotlivých druhů hmoty, a to až o dvacet procent. Nejvyšších hodnot v průběhu roku dosahuje výhřevnost dřeva v druhé polovině léta – červenec a srpen.

2.5.2 Vliv vlhkosti na výhřevnost

Z informací [Simanov, 2004, s.15] při spalování sušiny a štěpky se na jejich vysychání spotřebovává větší množství energie než u jiných paliv. Znamená to, že efektivní výhřevnost výrazně závisí na okamžité vlhkosti biomasy.

Relativní vlhkost proschlé sušiny a štěpky za příznivých podmínek na vzduchu (dříví uložené na podložených skládkách s přístupem slunce a na místech s prouděním vzduchu připravené na štěpkování, nebo porostu, který se sklídí po prvních mrazících) může klesnout až na dvacet procent, zatímco například dříví ihned po pokácení stromu má šedesát procent vlhkosti a kůra i přes 65 %.

Používají se dva způsoby stanovení vlhkosti – absolutní vlhkost (vztažená k absolutně suché hmotě) a relativní vlhkost (vztažená k původní tj. výchozí hmotnosti). Z rozdílů mezi nimi je zřejmé, že je nutné je důsledně rozlišovat, protože jejich záměna by vedla k nepoužitelným výsledkům.



- 1) Obsah vody vztažený k absolutně suché substanci (absolutní vlhkost) je ukazatel používaný při fyzikálních a mechanických zkouškách:

$$w = ((m_1 - m_2) \cdot 100) / m_2 \quad (\%) \quad (1)$$

m_1 ...hmotnost vzorku před vysušením
 m_2 ...hmotnost vzorku po vysušení
 w ...vlhkost dřeva, hmotnostní podíl v %

- 2) Obsah vody vztažený k původní (výchozí) hmotnosti (relativní vlhkost) je ukazatel používaný při obchodním styku a pro výpočet efektivní výhřevnosti tuhých paliv:

$$w = ((m_1 - m_2) \cdot 100) / m_1 \quad (\%) \quad (2)$$

m_1 ...hmotnost vzorku před vysušením
 m_2 ...hmotnost vzorku po vysušení
 w ...vlhkost dřeva, hmotnostní podíl v %



3 Ekonomická efektivnost

Efektivnost je definována jako účinnost nebo výkonnost. V ekonomice ji vyjadřuje vztah mezi vynaloženými prostředky a dosaženými výsledky. Ekonomickou efektivnost obecně lze tedy vyjádřit vztahem:

$$\text{Efektivnost} = \frac{\text{Hodnota vstupu}}{\text{Hodnota výstupu}} \quad (3)$$

Vstupem v našem případě jsou celkové náklady, které byly vynaloženy na vyprodukování biomasy [Kč/ha]. Hodnotou výstupu v tomto podílu je energetická bilance [GJ/ha] vypěstované hmoty za dobu produkce.

Pro porovnání energetické bilance jednotlivých rostlin je důležité stanovit energetický potenciál produkce. Pro výpočet energetického potenciálu se vychází z předpokládaného množství sklizně [t/ha] a výhřevnosti dané plodiny [GJ/t].

Energetický potenciál biomasy

Vstupními hodnotami pro výpočet ukazatele energetického potenciálu je výhřevnost a množství dosažené produkce. Údaje uvedené v (Tab. 2) představují hodnoty výhřevnosti vybraných druhů biomasy. Tyto hodnoty byly převzaty z webových stránek www.eis.cz a od pracovníka lesní společnosti. Další položkou je množství vyprodukované hmoty po dobu trvání pěstování. Výsledné hodnoty energetického potenciálu jsou uvedeny v (Tab. 3).



Tab. 2: Výhřevnost použitých plodin 1

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [GJ/t]
Sláma obilovin	10	15,49
Sláma kukuřice	10	14,40
Chrastice rákosovitá	10	17,52
Šťovík energetický	10	17,89
Japonský topol	10	16,40

Tab. 3: Výnos produkce a potenciál 1

Plodina	Výtěžnost [t/ha]	Energetický potenciál [GJ/ha]
Chrastice	95	1664,40
Kukuřice	100	1440,00
Pšenice	45	697,05
Topol	100	492,00
Šťovík	85	1368,59

Efektivnost

Efektivnost vyjádříme poměrem mezi celkovými náklady na pěstování [Kč/ha] a energetickým potenciálem vyprodukované hmoty [GJ/ha]. Vypočtená hodnota představuje nákladovou cenu za jeden GJ tepelné energie. Je zřejmé, že reálné náklady získání tepelné energie z vyprodukované biomasy jsou ve skutečnosti vyšší o náklady dopravy biomasy do spalovny i náklady jejího spalování, které ve zpracovaných modelech nejsou zahrnuty.



4 Postup řešení

Abychom mohli vyčíslit ekonomickou efektivnost jednotlivých plodin, musíme sestavit nákladový model. Vyčíslení nákladů pěstování biomasy je předpokladem výpočtu ukazatele ekonomické efektivnosti. Celkové náklady pěstování biomasy získáme jako součet nákladových položek dílčích pěstebních činností realizovaných v jednotlivých letech pěstování.

Předpokladem kalkulace pěstebních nákladů je sestavení pěstebního modelu, ve kterém jsou zaznamenány všechny dílčí činnosti a veškeré faktory, které ovlivňují náklady jednotlivých úkonů spojených s pěstováním každého konkrétního druhu biomasy. Pro možnost porovnání výsledků bylo důležité zvolit dobu, po kterou se daná plodina bude pěstovat, a určit na jaké ploše. Zvolil jsem pěstování na jednom hektaru po dobu deseti let.

Všechny položky použité v modelu jsou v konečné fázi převedeny na jednotku plochy, pro kterou jsou modely sestaveny. V položkách nákladů jsou rozlišeny variabilní a fixní náklady. Variabilní náklady se mění v závislosti na objemu produkce. Variabilní náklady tak v sobě vždy zahrnují faktor, který se neoddělitelně váže s každým jednotlivým vyrobeným zbožím (nebo poskytnutou službou). Mezi variabilní náklady je v našem modelu zahrnuta spotřeba pohonných hmot a pomocný materiál, náklady na spotřebu komodit potřebných k pěstování (hnojiva, osiva, voda, herbicidy a pesticidy) a náklady výkonu práce. Fixní náklady zůstávají na stejné úrovni bez ohledu na objem produkce. Fixní náklady tak nezahrnují to, co by se nějak neoddělitelně vázalo s každým jednotlivým vyrobeným zbožím (nebo poskytnutou službou). Fixní náklady v našich modelech tvoří odpisy a režijní náklady.

K realizaci jednotlivých úkonů pěstování se využívá strojní mechanizace. Specifikace vhodného strojního zařízení pro vykonání každého úkonu včetně pořizovacích cen byly získány z (VÚZT) a od pracovníka lesní společnosti. V pěstebním modelu jsou názvy strojů a jejich pořizovací ceny uvedeny u každé pěstební činnosti.

K sestavení pěstebního modelu pro desetiletý pěstební cyklus bylo potřebné stanovit, ve kterém období se jednotlivé pěstební operace budou vykonávat. Období, ve kterém se procesy vykonají, byly získány ze serveru (VÚZT) a konzultací s agronomem.



Na pěstební model navazuje nákladový model, který dopočítává hodnoty nákladové náročnosti v detailu spotřeby jednotlivých komodit a pěstebních úkonů se zařazením v dílčích obdobích zvoleného desetiletého cyklu. Detailní model nákladů je doplněn souhrnným přehledem nákladů pro dílčí období, přehledem výnosů a výpočtem ukazatele efektivnosti pěstování biomasy k energetickému účelu.

Pěstební i nákladový model jsou zpracovány v sešitech Excel a tvoří základní listy zpracovaných souborů. Výsledky jsou prezentovány v tabelární i grafické formě.

4.1 Pěstební model

Pěstební model uvádí veškeré činnosti a postupy, které jsou nutné k vyprodukování plodiny. Pro lepší přehlednost jsou postupy rozděleny do pěti činností:

- příprava porostu,
- setí (sadba),
- údržba porostu,
- sklizeň,
- úprava pozemku po sklizni.

Přípravu pozemku zahájíme mulčováním původního porostu, kterým je zpravidla plevel. Mulčováním se plevel oddělí od země a rozseká na několik částí. Tím vznikne tzv. mulč, který pokryje pozemek. Mulč se postupně rozkládá a tím vytváří novou zeminu. Takto vytvořená vrstva se částečně zapraví do země kypřičem. Kypření přispívá i k celkovému provzdušnění povrchu. Pokračujeme aplikací herbicidu na likvidaci plevelu. Podle výsledku rozboru půdy se na povrch aplikují hnojiva (dolomitický vápenec, amofos, draselná sůl). Veškerá aplikovaná hnojiva se absorbují do půdy orbou, při níž se vrchní vrstva překlopí a promísí. Po orbě je povrch velmi nerovný, musí dojít k urovnání pozemku branami a smyky. Urovnání pozemku po této operaci není ještě ideální pro setí, proto se provádí finální úprava plochy pomocí kombinátoru, který provede během jednoho průjezdu sedm operací, které rozmělní a urovnají půdu. Nyní je plocha připravena na hlavní etapu.

Setí provádíme univerzálním secím strojem (kromě kukuřice a japonského topolu). Kukuřice se seje secím strojem pro přesný výsev, aby bylo dosaženo přesného rozmístění osiva. U topolu je použita ruční výsadba řízků.



V průběhu roku se provádí údržba porostu. Způsob údržby se u jednotlivých rostlin liší. Výhradně se provádí ochrana proti plevelu, která může být u některých plodin jak mechanická, tj. posečením, tak chemická. To vede ke zničení porostu plevelu, který by jinak bez našeho zásahu přerostl pěstovanou plodinu, a tím by porost zanikl. Dále je možné mulčování sesekanou rostlinnou hmotou, která vytvoří příznivé vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy. Tohoto se využívá při údržbě rychle rostoucích dřevin. Pro rychlý nástup rostlin a jejich vitalitu se provádí přihnojení v různých etapách vývoje rostliny. V případě extrémních teplot se u produkce RRD doporučuje provést zálivku, pouze jsou-li 2–4 týdny bez srážek těsně po výsadbě. Pokud dojde ke slabším přísuškům, použijeme tzv. černý úhor, rotavátorování meziřádků. Toto má vliv na snížení evapotranspirace (fyzikální proces, kterým se voda z kapalného či tuhého stavu přeměňuje na vodní páru). K údržbě porostu patří rovněž ochrana proti škůdcům. Používají se herbicidy, kterými se po postřiku zlikviduje nebo eliminuje množství organismů, které likvidují plodinu, nebo na ni mají negativní vliv.

V pěstebních modelech pro vybrané rostliny se objevuje pět způsobů sklizně. Patří k nim obmýtí, které se provádí u topolu jednou za 3–4 roky. Spočívá v prořezávce větví a následném shromáždění hmoty pro štěpkování. Odlišná je pouze konečná sklizeň, při které se veškerý porost pokácí. U pšenice použijeme sklízecí mlátičku, která oddělí zrna od zbytku rostliny. Mlátička shromáždí zrna v zásobníku a slámu uloží do řádků na poli. U kukuřice je vše stejné až na druh mlátičky, kde je použit jiný způsob oddělení zrna od klasu. U dalších druhů biomasy je použita sklízecí řezačka nebo rotační žací stroj. Oba tyto stroje oddělí porost od země, pouze žací stroj shromáždí hmotu do pásu. U sklízecí řezačky se musí posečený porost cíleně seskupit do řádků pomocí shrnovače. Následuje zhutnění posekané hmoty svinovacím lisem do balíků. Pro naložení hmoty na návěs použijeme nakladač. Oddělená zrna od klasů se odvezou z produkční plochy. Totéž se provede se slisovanou hmotou.

U některých rostlin (šťovík) se po sklizni provede kypření plochy. Jeho cílem je provzdušnění povrchové vrstvy ornice, zvýšení aerace (jinak též provzdušňování, zajišťování přísunu dostatečného množství čerstvého vzduchu, respektive kyslíku) a omezení evaporace (vypařování, tj. přechod látky - většinou vody - ze skupenství pevného do kapalného).



Po sklizni se provádí podmínka. Je to druh mělké orby po sklizni porostu do hloubky 2–15 cm. U pěstování topolu je po sklizni na povrchu mnoho pařezů, které brání použití pozemku v dalším zemědělském využití. K jejich odstranění využijeme pařezovou frézu, která přemění povrch na způsobilý pro další pěstování.

4.2 Popis dílčích činností pro vybrané druhy biomasy

Tato kapitola popisuje dílčí činnosti, které se provádí v rámci jednotlivých etap pěstování.

Příprava pozemku

Na pozemku provedeme nutnou úpravu plochy. Pozemek se mulčuje, tím se eliminuje vzrostlý plevel. Pomocí kypřiče se zbytek plevele zapraví do země. Následně se na zkypřenou plochu aplikuje herbicid „Roundup klasik“ v dávce 5 l/ha s ředěním na 150 l vody.

Abychom poznali, v jaké kondici je pozemek, je nutné provést rozboru půdy, které jsou po šesti letech bezplatně hrazeny státem. Výsledek rozboru nám napoví, jaký druh hnojiva je nutné přidat do půdy, abychom dosáhli dobré úrody.

Výsledek rozboru, který byl poskytnut pro konkrétní plochu v dané lokalitě, napověděl o nutnosti doplnit půdu o dolomitický vápenec v dávce 3000 kg/ha, o draselnou sůl DS – 60 v dávce 200 kg/ha a hnojivo Amofos 200 kg/ha. K aplikaci všech hnojiv použijeme rozmetadlo minerálních hnojiv a nakladač.

Veškerá přidaná hnojiva se do půdy zapraví seťovou orbou, ke které použijeme šestiradliční oboustranný pluh. Následně navazuje urovnání pozemku branami a smyky. Finální přípravu seťového lůžka vytvoříme kombinátorem.



4.2.1 Chrastice rákosovitá

Chrastice rákosovitá je podle [Stražil, 1999] vytrvalá výběžkatá tráva, čeledi lipnicovité. Je jednou z našich nejvyšších travin. Stébla mohou dosahovat výšky přesahující 2 m. Stébelní výhony jsou hustě olistěné. Listy jsou dlouhé a široké. Chrastice vytváří dlouhé podzemní oddenky, které jsou rozprostřeny těsně pod povrchem půdy. Kořenový systém je mohutný, jdoucí do značné hloubky. Plodem je obilka. V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Po zakoření ní neškodí ani delší přísušek. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátkodobé zavodnění snáší dobře.



Obr. 1: Porost chrastice rákosovité

- Setí

Setí chrastice se provádí na jaře na předem připravený povrch výsevkem 25 kg/ha.



- Údržba porostu

Provedeme ochranný postřik proti plevelu. Aplikuje se „Starane EC 250“ v dávce 3 l promícháno s 300 l vody. Postřik se rozstříkne na plochu v době, kdy chřastice dosahuje 25–30 cm. Dále každý rok před vegetační sezónou je nejlepší přihnojit porost dusíkatým hnojivem „LAV 27“ v dávce 80 kg a po pěti letech přihnojíme fosforem „Amofos“, a to 100 kg na 1 ha.

- Sklizeň

Sklízet budeme po zimě brzy na jaře, kdy rostlina bude mít nejmenší obsah vody (12–20 %). Jako druhý důvod výhody sklizně po zimě se uvádí, že množství živin obsažených v rostlinách je na jaře poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu. Jako důvod uvádím přesun živin do kořenové části a jejich vyloučení během zimy. Chřastici sklídíme rotačním žacíím strojem. Vzniklá posekaná hmota se shrnovačem urovná do řádku tak, aby svinovací lis co nejrychleji slisoval hmotu. Vzniklé slisované balíky naložíme na návěs nakladačem.

- Údržba po sklizni

Po ukončení produkční doby se po poslední sklizni provede podmítka. Po sklizni máme k dispozici 7–12 t sušiny z jednoho hektaru o výhřevnosti 17,52 MJ/kg. Budeme uvažovat 9,5 t z jednoho hektaru. Za dobu deseti let se vyprodukovalo 95 t biomasy o celkové efektivnosti 1664,4 GJ, což je 462,37 MWh.

4.2.2 Šťovík energetický (Uteuša OK)

Významnou energetickou plodinou je krmný šťovík – Uteuša. Šťovík krmný (*Rumex tianshanicus* x *rumex patientia*) je druh kulturní plodiny, vyšlechtěné na Ukrajině křížením šťovíku řanšanského a šťovíku zahradního. V České republice se začala pěstovat odrůda s názvem Uteuša (autor profesor Uteuš). Šťovík krmný je podle [Petříková, 2004] vytrvalá plodina, která může vydržet na svém stanovišti 8–12 let i více, což je z hlediska fytoenergetiky velmi výhodné. Tato plodina je statná, až dva metry vysoká, od druhého roku po založení kultury dosahuje výnosu 7–12 t/ha suché hmoty.



Obr. 2: Plocha šťovíku při sklizni

- Setí

Kultura šťovíku se zakládá na jaře. Termín setí lze posunout až do první poloviny května. Doporučuje se standardní výsev 5–8 kg osiva na jeden hektar, do hloubky 1–2 cm. Setí se zajišťuje běžnou zemědělskou mechanizací. Klíčení a zakořenění šťovíku probíhá v prvním roce pozvolna, proto je třeba dbát na řádné odplevelení pozemku, nejlépe ošetřením herbicidy před zasetím. Ochranu proti plevelům lze v průběhu prvního vegetačního roku provádět mechanicky i chemicky, která se méně doporučuje. Uteuša je odolná vůči vymrzání a nemá vyhraněné nároky na stanoviště. Pouze zamokřené půdy s vysokou hladinou spodní vody této rostlině moc nesvědčí. Její kulové kořeny po proniknutí do vody zahnívají a porost je proto poškozen. Jinak se jí daří dobře v nižších i ve vyšších polohách. Snáší dobře i kamenité chudší půdy. V průběhu prvního roku po zasetí se přihnojí dusíkatými a draselnými hnojivy.



V prvním roce Uteuša pouze zakoření a vytváří přízemní růžici sytě zelených pestrých listů. Pro energetické účely se v prvním roce nesklízí. Pokud se vytvoří plně zapojený porost, lze jej na podzim sklídit na zelené krmení, nebo jako příměs do siláže. Má vysokou krmnou hodnotu, neboť byl vyšlechtěn původně pro krmivářské účely. Možností je využití zelené hmoty na výrobu bioplynu (následně elektrickou energii) v bioplynových stanicích.

Po zakořenění a zapojení porostu pak šťovík dobře přezimuje. Na jaře ve druhém roce po zasetí šťovík rychle odrůstá a během krátkého období, od dubna do konce května, dorůstá výšky 1,5–2 m. V případě napadení porostu dřepčicí je vhodné porost chemicky ošetřit herbicidem „Nurelle“. Jeho množství se doporučuje v objemu 0,625 l/ha. Od tohoto druhého roku by vegetace již žádné problémy se zaplevelením neměla mít, neboť rychlý nástup vegetace a plné zapojení porostu všechny plevele dobře potlačuje. Porost může být napaden mandelinkou, v tomto případě se doporučuje ochranný postřik „Kareta“ o objemu 0,625 l/ha. Pro oba druhy ochrany se doporučuje objem roztoku zředit vodou o objemu 0,3 m³/ha. Koncem května je šťovík zpravidla již v plném květu a začátkem července dozrává.

- Sklizeň

Sklizeň pro energetické účely je třeba provádět ještě před plným dozráním semene, aby se během sklizně semena nevydrolila. To zajistí jednak splnění podmínky pro získání dotace (nepěstovat energetické plodiny na semeno) a hlavně větší výhřevnost sklizené biomasy. Je známo, že semena jsou vždy energeticky bohatá. V první dekádě července je Uteuša zpravidla již dostatečně vyschlá, což je pro energetické účely velmi výhodné. Není třeba jej složitě dosoušet. Sklízí se posekáním na řádky a následným slisováním do balíků, jako sláma.

Balíky šťovíku se následně odvezou na okraj pole, kde se naloží a hromadně odvezou k uložení anebo přímo k energetickému využití. Šťovík lze využívat též pro výrobu fytopaliv, jako jsou brikety nebo drobné peletky.

Suchá fytomasa Uteuša má podobné vlastnosti jako dřevní hmota (např. piliny). Má poměrně vysokou výhřevnost i příznivé další parametry, srovnatelné se dřevem. Výhřevnost suchého (bezvodého) vzorku je 17,89 MJ/kg. Uteuša je tedy z hlediska energetického obsahu perspektivní rostlinou. Její výhoda spočívá především v tom, že poskytuje každoročně vysoké výnosy suché hmoty. Hlavní sklizeň pro energetické účely – pro spalování v kotelnách či zpracování na biopaliva, se provádí jednou ročně začátkem července.



Po sklizni je vhodné porost šťovíku prokypřit vláčením, aby byla zachována správná hustota porostu (způsobená případným vydrolením některých předčasně dozrálých semen). Není moc vhodné, aby byl porost příliš hustý, protože jsou pak lodyhy slabší, což nemusí přispívat vždy k vyšším výnosům. Uteuša totiž vytváří mohutné postranní výhony s dostatečně silnými lodyhami, což je větší záruka vysokého výnosu než hustý porost se slabými lodyhami.

Po hlavní sklizni biomasy pro energii vytváří Uteuša velmi rychle hustý porost sytě zelených svěžích listů, tak jako na podzim v prvním roce po zasetí. Tento nový obrost bývá nejlepší zpravidla již koncem srpna nebo září. Pokud jej lze efektivně využít, jako např. do siláže či na zelené krmení, je možné jej bez obavy sklidit na zeleno. Tuto zelenou hmotu lze s úspěchem využít též jako přípravek biomasy do fermentoru v bioplynové stanici. Celkový stav porostu se touto sklizní na zeleno nepoškodí, neboť na jaře příštího roku opět plně obrůstá a vytváří plodné lodyhy, vhodné ke sklizni energetické biomasy ke spalování. Po závěrečné sklizni provedeme podmlátku.

Sklízíme 7–10 t sušiny z jednoho hektaru o výhřevnosti 17,89 MJ/kg. Budeme uvažovat 8,5 t z jednoho hektaru, tím se dostaneme na 76,5 t za celou dobu produkce o efektivnosti 1368,58 GJ/ha, což je též 380,19 MWh.

4.2.3 Rychle rostoucí dřevina

Klony japonského topolu jsou v praxi často také označovány jako tzv. „Japany“. Jedná se o klony z japonských křížení topolu černého a Maximovičova, které byly podle dostupných údajů od roku 1979 ověřovány v Rakousku pro produkci biomasy ve výmladkových plantážích. Zatím rostou dobře na široké škále stanovišť chlumních až podhorských oblastí.



Obr. 3: Plantáž topolu japonského

Klony spojují pozitivní vlastnosti obou rodičů: rychlý terminální růst v prvních letech a husté větvení v dolní části kmene, které je vhodné pro potlačování plevelů v prvních letech. Mezi jejich důležité vlastnosti patří velmi dobré kořenění a ujmavost z řízků v polních podmínkách, kterou si udržují při vhodném skladování i do letních měsíců.

- Výsadba

Přesné doby určení doby výsadby závisí na místních půdních podmínkách a průběhu počasí v jarních měsících. Čas výsadby se může změnit, jakmile půdní vlhkost dovolí přístup sazečů nebo sázecích strojů na plochu. Kořeny se na řízcích začínají vytvářet po předchozí tvorbě hojivého a množivého pletiva kalus, při teplotě půdy nad pět stupňů Celsia.

V případě manuální výsadby se řízky zapichují rovně nebo mírně šikmo do kvalitně připravené půdy. Linii celého řádku je vhodné vytyčit provázkem. Řízky musí být po výsadbě skoro celé v zemi – vrcholový pupen v úrovni půdy, tzn., řízek může vyčnívat maximálně 3–5 cm na povrch. Po zapíchnutí je potřeba půdu kolem řízku ztuhnout například sešlápnutím z boku, ale tak aby nebyl poškozen řízek. Na ztužených půdách je vhodné pro tvorbu jamek pro řízky používat jednoduchý sazeč (píchák) např. z betonářské oceli o průměru 1–2 cm. V případě mechanizované výsadby je postup závislý na typu sazeče (např. klasický lesnický sazeč za traktor). Vždy je ovšem nutno dodržet zásadu, aby řízky nevyčnívaly více než 3–5 cm z půdy a spony byly dostatečné pro průjezd mechanizace pro údržbu výsadby.



- Úprava porostu

Mechanické omezování plevelů před výsadbou a po výsadbě (oráním, kosením, plečkováním, rotavátorováním) je klíčovou operací pro úspěšné založení plantáží. V prvním roce bude podle situace potřeba omezovat plevel, tak aby nekonkuroval výhonům rašících řízků. Obvykle je to asi tak 1–3krát do roka. Pokud však výhony RRD prospívají dobře a dosáhly vyšší výšky než plevele, je další odplevelování obvykle neekonomické.

Chemická ochrana proti plevelům by nemusela být provedena. Ve vegetaci je aplikace nejpoužívanějšího „Roundupu“ složitá, protože topoly jsou na něj citlivější než běžné plevele. Může však být použit granulovaný herbicid „Kasaron“, který se aplikuje na půdu a má dlouhodobý účinek.

Velmi dobré opatření využitelné u menších plantáží je mulčování sesekanou rostlinnou hmotou, které vytváří příznivé vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy a dává k dispozici RRD množství pohotových živin po procesu humifikace. Aby se dosáhlo optimálního potlačení plevelu, je nutné použít rostlinnou hmotu z dalších ploch, sesekaná hmota z vlastní plochy nestačí.

Vzhledem k vlhkosti stanoviště připadá záливka v úvahu jen v případě výskytu extrémního jarního sucha (2–4 týdny bez srážek těsně po výsadbě). Pokud by nebyla k dispozici zemědělská mechanizace, je možno využít například kropicích nebo požárních vozů k záливce odpovídající dešti cca 5–10 l/m². Jednou z pasivních metod ochrany proti slabším přísuškům je např. rotavátorování meziřádků (černý úhor) kvůli snížení evapotranspirace.

Z odborné literatury i praktických zkušeností je doloženo, že zejména topoly reagují na hnojení dusíkem zlepšením růstu a produkce dřevní hmoty. Při aplikaci hnojiva v nivních lokalitách a na prameništích je nutné dbát na přesné dávkování, aby hnojiva nespotebovaná dřevinami nemohla být splavena do povrchových vod nebo transportována do podzemních vod a způsobit tak znečištění zdrojů vody. Rozvážné použití organického hnojení je možné doporučit.



- Sklizeň

U této plodiny se sklizeň neprovádí každý rok, ale provádíme obmýtí po 2–3 letech. Výnos hmoty v jednotlivých letech je 9–11 t (sušiny) ha/rok. V posledním roce se provede konečná sklizeň. Výnos z ní bude kolem 40 tun.

Přibližně ve věku 15–25 let, když začne výnos produkční plantáže klesat pod úroveň, je vhodné přikročit ke zrušení plantáže. Stav půdy po 15–20 letech pěstování RRD plantážovým způsobem závisí na několika faktorech, z nichž hlavní jsou úrodnost půdy, způsob a objem hnojení plantáže. Navrácení stanoviště původnímu použití (orané pole, louka, pastvina) je důležitou otázkou z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a podléhá kontrole MŽP.

- Úprava po sklizni

Technologie rušení plantáží jsou v současnosti dobře propracovány v zahraničí (Rakousko). Po poslední sklizni jsou speciálními frézami odstraněny pařízky, případně část kořenového systému RRD. Zbytek kořenů je pak vyorán hlubokou orbou nebo rotavátorem. Zbytky kořenů v půdě slouží jako drenáž a provzdušnění hlubších vrstev ornice. V případě, že je stav půdy po produkční plantáži dobrý, nebo lepší (fyzikální vlastnosti, humus) než tomu bylo před jejím založením, je možno plochu na jaře osít cílovou plodinou (obilí, traviny atd.). Pokud je živinová rovnováha půdy narušena, doporučuji na základě výsledků půdních rozborů půdu dohnojit nebo ji biologicky meliorovat např. vojtěškou nebo jetelo-travní směsí.

Po dobu celkové produkce se vyprodukuje v přepočtu každý rok 10 t/ha biomasy o výhřevnosti 16,4 MJ/kg. Za celou dobu existence plantáž vyprodukuje 100 t fytomasy. Energetická efektivnost za dobu pěstování činí 1640 GJ, což je též 455,59 MWh.



4.2.4 Kukuřice

Kukuřice je jednoletá rostlina, která dorůstá do výšky 1–3 metry. Produktem jsou kukuřičné klasy, z nichž se získává zrno. To se následně využívá v potravinářství, pro krmení hospodářských zvířat a pro průmyslové zpracování. Pro výživu lidí se vyrábí kukuřičná mouka a krupice. Kukuřičné zrno je energeticky velmi bohaté, proto je také ideální plodinou pro výrobu krmiv. Kukuřice vyžaduje pro pěstování relativně teplé počasí, přičemž vysoké nároky jsou kladeny i na vláhu a na hnojiva. Voda se však může stát i nepřítelem. Jedná se především o období setí, kdy přílišná zvlaha vede ke zpoždění celého procesu. Extrémně dlouhé období vlhka často vede i k nižší úrodě a to vede k malé oblibě u zemědělců. Prudké lijáky v období sklizně mohou poškodit klasy, což v konečném důsledku vede k nižší úrodě. Kukuřice je v různých fázích pěstování citlivá na rozličné přírodní faktory, bylo uvedeno [Čermák,2008].



Obr. 4: Kukuřice



V modelu je použita geneticky modifikovaná kukuřice. Tato kukuřice je geneticky upravená odrůda, která v sobě nese gen Cry z aerobní půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*, náležející k velké vývojové linii bakterií Firmicuta. Tento gen kóduje protein Cry, zajímavý krystalizující endotoxin, který funguje na skupiny hmyzu s dokonalou proměnou – například na motýly, dvoukřídle brouky a hlavně zavíječe. Larva zavíječe je významným škůdcem porostu pěstovaného na zrno.

- Setí

Setí provedeme koncem dubna na předem připraveném povrchu, na kterém vysejeme 75 kg geneticky modifikované kukuřice. Použijeme secí stroj pro přesný výsev.

- Údržba porostu

U geneticky modifikované kukuřice je údržba velmi jednoduchá. Po zasetí, když je rostlinka povyroslá, můžeme aplikovat ochranný postřik proti plevelu „Gardoprim gold“ o objemu čtyř litrů zředěných 400 l vody. Aplikuje se v době, kdy ještě rostlinky nejsou schopny jako celek potlačit plevel. Plevel brání jejich vývoj.

- Sklizeň

V průběhu října můžeme porost sklídit na zrno mlátičkou. Zbylá hmota je shromážděna v řádcích na poli. Následně se zrno přesype na návěs a odveze. Zbylá hmota se pomocí svinovacího lisu soustředí do balíků. Balíky se naloží na návěs a odvezou.

- Úprava po sklizni

Po sklizni a odvozu veškerých hmot z pole se může provést závěrečný proces, podmínka, která připraví pole na přezimování.

Po sklizni bychom mohli mít k dispozici sedm tun zrna a deset tun slámy z hektaru. Výhřevnost slámy kukuřice je 14,4 MJ/kg. Nyní máme dvě možnosti jak naložit s produkcí. Můžeme prodat zvlášť zrno a slámu. Celková energetická efektivnost po dobu pěstování kukuřice je 1440 GJ ze 100 t vyprodukované hmoty, což je 400,03 MWh.



4.2.5 Pšenice

Pšenici lze považovat za nejstarší obilninu, která se rozšířila na většinu severní i jižní polokoule hlavně z oblasti přední Asie, případně severní Afriky. Pšenice setá, podobně jako ostatní druhy, patří do čeledi lipnicovité. Primární kořínky (zárodečné) mají obvykle 2–4 vlastní kořínky, druhotné (sekundární) kořínky jsou svazčité a zakládají se většinou v ornici, i když jednotlivé kořínky mohou zvláště na úrodných hlubokých půdách dosahovat až do hloubky kolem 1 m.

Z hlediska půdních vlastností jsou pro pšenici nejvhodnější typy černozemě, pravé i degradované, hnědozemě, rendziny, s pH neutrálním. Snáší i půdy slabě kyselé i slabě alkalické. Z hlediska půdních druhů jsou nejvhodnější půdy střední - hlinité, jílovito-hlinité až hlinito-jílovité, které mají vyrovnaný poměr vody, vzduchu v půdě a mají dobrou půdní strukturu a dobrou biologickou činnost. Nejvhodnější jsou z tohoto hlediska lepší řepařské oblasti, případně i další řepařské oblasti. Velmi dobré podmínky jsou i v kukuřičných oblastech, které jsou srážkově odpovídající a které netrpí přílišným suchem v době, kdy pšenice má největší nároky na vodu a živiny [Moudrý, 1999].



Obr. 5: Pšenice



- Setí

Máme-li pozemek přihnojen a urovnán, provedeme výsev secím strojem. Stroj vyseje pšenici v dávce 200 kg/ha. Výsev provedeme v přelomu září – říjen.

- Údržba porostu

Podzimní ošetření provedeme herbicidem „Congar“ v množství 1,5 l/ha. Tato dávka se zředí 300 l vody. Postřik se provede postřikovačem taženým traktorem. Další operaci uskutečníme v průběhu března, kdy provedeme první přihnojení dusíkatým hnojivem „LAV – 27“ 200 kg/ha. Jedná se o granulované, průmyslové hnojivo, na jehož aplikaci postačí rozmetadlo minerálních hnojiv, traktor a nakladač. Nakladač použijeme pro naložení hnojiva do zásobníku. Zhruba po měsíci dochází k aplikaci dalších látek, které se aplikují v tekutém stavu, a tak nám postačí postřikovač tažený traktorem a cisterna pro dopravu vody. Aplikujeme méně koncentrovaného herbicidu „Mustang“ 3 l/ha proti plevelu, regenerátor „Retacel“ 1,5 l/ha, tekuté dusíkaté hnojivo „DAM – 390“ 156 l/ha a 225 l vody. Zhruba po měsíci a půl od posledního přihnojení aplikujeme dusíkaté hnojivo „DAM – 390“ v dávce 104 l/ha, které promísíme se 120 l vody v cisterně. Postřikovačem za traktorem se vytvořený roztok aplikuje. Poslední ochranou porostu je postřik proti plevelu, na který použijeme tři litry „Roundupu“ a 90 l vody. Obě složky se promíchají v zásobníku na postřikovači.

- Sklizeň

Sklizeň probíhá koncem července a začátkem srpna. Vše záleží na počasí, které nás provázelo v průběhu celého vegetačního období. Sklizeň provedeme sklízecí mlátičkou, která nám oddělí zrna a slámu. Vytříděné zrna odvezeme z pozemku. Sláma se sklídí z pole svinovacím lisem do balíků.

- Údržba po sklizni

Na zbytku rostlinné produkce se provede podmítka. Touto etapou končíme roční činnost na pozemku.

Z pěstební plochy můžeme získat 7–9 t zrna a 4–5 t slámy z jednoho hektaru. Výhřevnost slámy obilí je 15,49 MJ/kg. Energetická efektivnost celkového pěstování je 697,1 GJ, což je 193,65 MWh.



4.3 Nákladový model

Účelem sestavení nákladových modelů je vyčíslení celkových nákladů na pěstování jednotlivých rostlin. Jednotlivé položky nákladového modelu jsou uvedeny v samostatném listu souboru pro každý druh biomasy pod záložkou Náklady (viz. Příloha B - sešity Excel s názvem konkrétní plodiny). Pro vyčíslení nákladových položek se vychází z níže uvedených vztahů (4) až (12).

U jednotlivých pěstebních činností zjistíme všechny faktory, které ovlivňují výsledné pěstební náklady. K těmto faktorům patří především

- doba trvání jednotlivých operací,
- spotřeba paliva při konkrétním výkonu.

Pro každý konkrétní pěstební úkon je definována jeho časová náročnost i náročnost na spotřebu paliva (pokud činnost vyžaduje zapojení strojního zařízení). Z těchto údajů se určí mzdové náklady a náklady spotřeby paliva.

U některých postupů je nutné zjistit, zda je pro danou činnost nutný pomocný materiál, který pomůže ulehčit či zjednodušit proces (např. při sklizni tkanina na stažení balíků apod.).

Položka fixních nákladů je součtem fixních nákladů na hodinu provozu jednotlivých strojů. Výsledná hodnota je násobena časem, po který je činnost vykonávána. Veškeré informace týkající se fixních nákladů byly získány z Výzkumného ústavu zemědělské techniky (VÚZT).

Následují položky spotřeby potřebných komodit (osivo, hnojivo, herbicidy, postřiky ad.), které jsou uvedeny u některých pěstebních postupů (hnojení, přihnojení, setí). U těchto postupů je uveden druh komodity s udáním jejich měrné spotřeby na jeden hektar a jednotková cena.

Nákladový model je dopočítán do hodnoty celkových nákladů. Hodnotu celkových pěstebních nákladů sleduje model po obdobích a také v kumulovaných hodnotách. Pro informaci jsou v modelu uvedeny také hodnoty očekávaného výnosu z prodeje biomasy a zisku. Tyto hodnoty se pro dílčí období nemění, protože jsou odvozeny z průměrných (očekávaných) hodnot výtěžnosti biomasy a ceny produkce. Tyto hodnoty byly získány od pěstitelů.



Podle dosažené tepelné výhřevnosti je výkupem stanovena cena sušiny. Tato hodnota je uvedena v záložce „Vstupy“ u každého modelu. V listu Souhrn najdeme i energetickou bilanci, ve které je produkce přepočtena na energetickou výtěžnost.

Přehledy výsledků nákladových modelů pro všechny vybrané druhy biomasy jsou uvedeny v souhrnném sešitu „Výsledky“. Jsou zde uvedeny hodnoty ekonomické efektivnosti a energetické výtěžnosti. Energetická výtěžnost vyjadřuje množství tepelné energie, kterou získáme tepelným zpracováním vyprodukované hmoty. Energetickou výtěžnost [GJ/ha] získáme součinem výtěžnosti [t/ha] a výhřevnosti [GJ/t]. Ekonomická efektivnost v našem případě vyjadřuje nákladovou cenu jednoho GJ energie získané tepelným zpracováním hmoty. Je vyjádřena podílem nákladů [Kč/ha] na energetickou výtěžnost biomasy [GJ/ha].

Výpočet nákladů dílčích činností

Každé pěstební činnosti odpovídá v nákladovém modelu tabulka, kde jsou uvedeny jednotlivé položky (4) patřící k danému procesu a pěstebnímu cyklu. Položky vypočteme obecně součinem tří veličin: celkové spotřeby příslušné komodity, jednotkové ceny komodity a koeficientu aktivace v období. Koeficient je nulový v období, kdy se činnost neprovádí, a je roven jedné v období aktivace příslušného procesu.

$$\text{Pol} = \text{mjs} * \text{jc} * \text{ob} \quad [\text{Kč/ha} ; \text{l/ha}, \text{Kč/l}] \quad (4)$$

mjs ...spotřeba

jc ...jednotková cena

ob ...období

Tento vztah platí pro výpočet nákladů na naftu, mzdu, osivo, hnojivo, herbicidy a pesticidy.

Náklady na pomocný materiál (5) jsou dány součinem nákladů na pomocný materiál a koeficientu aktivace v období.



$$P_m = j_c \cdot ob \quad [K\check{c}/ha] \quad (5)$$

j_c ...náklady na pomocný materiál

ob ...období

Fixní náklady pro konkrétní činnost stanovíme jako součin hodinové sazby fixních nákladů všech do činnosti zapojených strojů s dobou trvání procesu (6).

$$FC = f_{cp} \cdot dt \cdot ob \quad [K\check{c}/ha; K\check{c}/h, h/ha,] \quad (6)$$

f_{cp} ...fixní náklady na hodinu provozu

dt ...doba trvání procesu

od ...období

Hodnoty dílčích nákladů se objeví ve zpracovaných modelech v listu „Náklady“ v období, ve kterém se daný proces vykonává. Celkové náklady pro jednotlivá období získáme součtem všech nákladových položek příslušného období. Hodnoty celkových nákladů jsou převedeny do listu „Souhrn“. V souhrnné tabulce jsou navíc uvedeny hodnoty ročních odpisů strojního zařízení. Odpisy jsou pro potřeby modelu převedeny na hodnotu na jeden hektar. Souhrnná tabulka obsahuje rovněž informativní hodnotu výnosů. Výpočet výnosů z prodeje je dán součinem plánované výtěžnosti, výkupní ceny a období. Obdobím v modelu nazýváme koeficient pro realizaci výkupu v období (roce pěstebního cyklu), ve kterém se provádí sklizeň. K příjmové stránce patří také státní dotace. Jejich hodnota se liší podle druhu a typu pěstované biomasy.

Dále uvádím dílčí vztahy pro výpočet nákladů na spotřebu jednotlivých komodit pěstebního procesu.



Spotřeba paliva

$$Sp = V * cp \quad [Kč; l/ha, Kč/l] \quad (7)$$

V ...spotřeba paliva na jeden hektar

cp ...cena paliva

Mzda

$$\check{C}_m = t * cena \quad [Kč; h, Kč/h] \quad (8)$$

t ...trvání výkonu

cena ...hodinová mzda

Pomocný materiál

$$P_m = cpm \quad [Kč/ha] \quad (9)$$

cpm ...náklady spotřeby pomocného materialu na jeden hektar

Fixní náklady

$$f = f_c * t \quad [Kč/ha; Kč/h, h/ha] \quad (10)$$

f_c ...fixní náklady na jeden hektar

t ... čas

Komodity (voda, hnojiva, osiva)

$$K_o = q * c \quad [Kč/ha; kg/ha, Kč/kg] \quad (11)$$

q ...měrná spotřeba komodity na jeden hektar plochy

c ...jednotková cena komodity



Veškeré strojní zařízení je odepisováno po dobu šesti let podle vztahu (12).

Odpisy celkové

$$\text{Ocel} = C / t \quad [\text{Kč; Kč, roky}] \quad (12)$$

C ...pořizovací cena strojního zařízení

t ... doba odepisování strojního zařízení v letech

Odpisy na jeden hektar

$$\text{Onjh} = \text{Ocel} / \text{vpc} \quad [\text{Kč/ha; Kč, ha}] \quad (13)$$

Ocel ...odpisy celkové

vpc ...výměra pozemku celková

4.4 Dotace

V současné době jedinou možnou přímou podporou pěstování energetických plodin, kterou je možno získat, je tzv. „uhlíkový kredit“. Jedná se o program EU, jenž má za cíl přispět ke zvýšení objemu biomasy využívané k výrobě energie. Některé podmínky k poskytnutí podpory pro pěstování energetických plodin upravují zákony. Podpora se vztahuje na plochu zemědělské půdy oseté energetickými plodinami. Energetickými plodinami se rozumí plodiny primárně určené k výrobě energetických produktů a to pro výrobu biopaliv či jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě nebo elektrické a tepelné energie vyrobené z biomasy.

Podpora je poskytována ve výši 45 €/ha, do maximální garantované plochy 2 000 000 ha. Výše a doba poskytované podpory pro pěstování rychle rostoucích dřevin se v roce 2007 řídila těmito podmínkami:

- Podpora na založení reprodukčního porostu bude poskytnuta pouze v roce jeho výsadby ve výši 75000 Kč na hektar.



- Podpora na založení produkčního porostu bude poskytnuta pouze v roce jeho výsadby ve výši 60000 Kč na hektar.

Uvedené hodnoty dotací se týkají roku 2007. U dvou energetických rostlin (šřovík, chrastice) jsou čerpány dotace na pěstování energetických plodin, tzv. uhlíková, ve výši 45 € / ha. U RRD je využita dotace 75 000 Kč na založení plantáže a 3000 Kč na pěstování energetických plodin. Pšenice a kukuřice není pěstována cíleně pro energetické využití. U těchto dvou rostlin je čerpána pouze dotace za využití zemědělské půdy ve výši 6 500 Kč. Informace o RRD jsou čerpány z internetových stránek

www.japonskytopol.cz/content/view/13/2/ a

www.vukoz.cz/vuoz/biomass.nsf/pages/dotace.html.

Informace o podpoře energetických plodin jsou čerpány ze serveru ministerstva zemědělství („Podpora od EU–Energetické plodiny a od pěstitelů“).

4.5 Zdroje informací

Jednotlivá data a informace k pěstebnímu i nákladovému modelu jsem čerpal z internetu, odborných časopisů a z konzultací s pracovníkem zemědělského družstva a lesní společnosti.

Jednotlivé postupy pěstování plodin použité v modelu jsou získány z internetu www.vuzt.cz, www.biom.cz a diskuzí s pěstiteli těchto plodin.

U procesů je možné najít údaje o spotřebě paliva, benzinu a jejich ceně, hodinové mzdě s dobou trvání činnosti, pomocném materiálu použitém u jednotlivých procesů, množství a ceně osiv, herbicidů, pesticidů a o fixních nákladech odvozených z použitého strojního zařízení.

Výchozí údaje o ceně nafty a benzinu jsou zjištěny ze serveru

www.frog-frog.cz/Consulting/info/PrumerneCenyBenzinu.htm,

kde jsou uvedeny roční průměrné ceny pohonných hmot. V modelu jsou použity hodnoty z roku 2008. Doba trvání jednotlivých pěstebních operací byla konzultována s agronomek. Ohodnocení pracovního nasazení je stanoveno z reálné mzdy zemědělců. Cena vody, která se používá k ředění herbicidů, hnojiv a pesticidů, je stanovena jako průměrná hodnota od roku 2005 do roku 2009. Data jsou získána ze serveru www.sovak.cz.



Další vstupní údaje se od sebe liší podle druhu pěstované plodiny. Ostatní informace o cenách komodit potřebných k pěstování poskytl agronom zemědělského družstva a pracovník lesní společnosti. Další důležitou informací je cena výkupu sušiny. Tato informace byla poskytnuta od specialistky nákupu fosilních paliv skupiny ČEZ. U obilovin je zjištěna průměrná cena výkupu zrna (Příloha A). Částka je stanovena jako průměrná cena od roku 2005 až do 2009 ze serveru www.kurzy.cz.

Zbylé informace o podpoře zemědělských plodin mi poskytl agronom zemědělského družstva. Tato informace se váže k roku 2007.

Veškeré informace o strojním zařízení byly převzaty z údajů Výzkumného ústavu zemědělské techniky. V modelu pěstování topolu se ve strojním zařízení objevují tři stroje, které jsou svými vlastnostmi speciální. Informace o nich byly poskytnuty od pracovníka lesní společnosti.



5 Výsledky řešení

Výsledné údaje jsou soustředěny v listu „Souhrn“ v souborech Excel, které jsou vytvořeny odděleně pro každý druh biomasy. Tyto soubory jsou uvedeny na přiloženém CD (Příloha B). V jednotlivých sešitech je možné najít záložky: Vstupy, Náklady, Procesy, Strojní zařízení a Souhrn. V záložce „Vstupy“ jsou uvedeny souhrnné počáteční údaje (doba životnosti strojů, ceny potřebných komodit, mzda, výhřevnost, výnos plodiny a cena výkupu). Nákladová náročnost jednotlivých pěstebních činností je kalkulována v záložce „Náklady“. Položka „Strojní zařízení“ obsahuje informace o všech strojích použitých při pěstování dané plodiny. Výsledná data jsou uvedena v listu „Souhrn“. Souhrnné výsledky pro všechny plodiny, pro které se modely sestavovaly, jsou dále soustředěny v sešitu Excel pod názvem „Výsledky“. Tento sešit je členěn do tří oddílů (Souhrn, Náklady a Kumulované hodnoty). V „Souhrnu“ jsou uvedeny výsledné hodnoty každé rostliny a jsou zde vypočteny hodnoty ekonomické efektivnosti a energetické výtěžnosti. V „Nákladech“ jsou uvedeny pěstební náklady rostlin po dobu pěstování. V poslední záložce jsou uvedeny kumulované hodnoty nákladů, výnosů a zisku.

Následující (Tab. 4) uvádí souhrnný přehled kumulovaných hodnot nákladů, výnosů a zisku. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v Kč.



Tab. 4: Vývoj nákladů, výnosů a zisků I

			Období [rok]									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kumulované hodnoty [Kč]	Chrastice	Výnosů	24 637	49 274	73 912	98 549	123 186	147 823	172 460	197 098	221 735	246 372
		Nákladů	41 684	52 318	62 951	76 029	89 548	100 181	110 234	117 842	125 450	136 724
		Zisků	-17 047	-3 043	10 961	22 520	33 638	47 642	62 226	79 256	96 285	109 648
	Kukuřice	Výnosů	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105	57 105
		Nákladů	45 191	60 088	80 296	97 638	117 847	132 743	151 232	161 964	178 007	191 184
		Zisků	11 914	42 208	36 896	39 763	36 896	42 208	38 616	46 373	41 061	43 928
	Kukuřice (zrno, sláma tep. využití)	Výnosů	41 145	82 290	123 435	164 580	205 725	246 870	288 015	329 160	370 305	411 450
		Nákladů	45 191	60 088	80 296	97 638	117 847	132 743	151 232	161 964	178 007	191 184
		Zisků	-4 046	22 202	43 139	66 942	87 878	114 127	136 783	167 196	192 298	220 266
	Pšenice	Výnosů	71 498	142 995	214 493	285 991	357 488	428 986	500 484	571 981	643 479	714 977
		Nákladů	59 541	88 763	123 289	154 955	189 482	218 703	252 075	277 697	308 624	336 691
		Zisků	11 956	54 233	91 204	131 035	168 007	210 283	248 408	294 284	334 855	378 285
	Pšenice (zrno, sláma tep. využití)	Výnosů	33762	67523	101285	135047	168808	202570	236332	270093	303855	337617
		Nákladů	59541	88763	123289	154955	189482	218703	252075	277697	308624	336691
		Zisků	-25780	-21239	-22004	-19909	-20673	-16133	-15744	-7604	-4769	925
	Topol	Výnosů	78000	81000	147960	150960	153960	220920	223920	226920	229920	318200
		Nákladů	93594	108131	121617	125535	128883	141798	141798	141798	149578	184270
		Zisků	-15594	-27131	26343	25425	25077	79122	82122	85122	80342	133930
	Šťovík	Výnosů	22 768	45 537	68 305	91 074	113 842	136 611	159 379	182 148	204 916	227 685
		Nákladů	57 941	72 287	82 575	95 785	108 444	120 907	127 243	138 885	145 221	153 484
		Zisků	-35 173	-26 750	-14 269	-4 711	5 398	15 704	32 136	43 263	59 695	74 201

Následující (Tab. 5) zobrazuje hodnoty vypočítané energetické výtěžnosti [GJ/ha] a ekonomické efektivity [Kč/GJ].

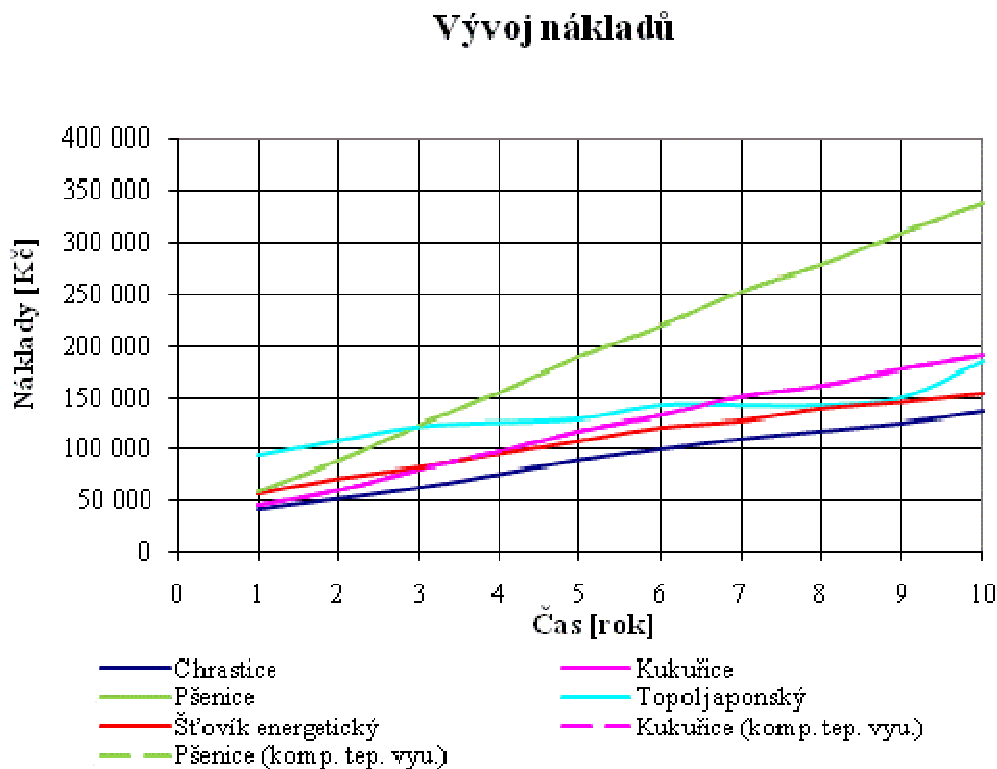
Tab. 5: Výtěžnost a efektivnost biomasy I

	Plodina	Období [rok]										Celkem
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ekonomická efektivnost [Kč/GJ]	Chrastice	250,45	63,89	63,89	78,58	81,22	63,89	60,40	45,71	45,71	67,74	821,46
	Kukuřice	313,83	103,45	140,34	120,43	140,34	103,45	128,39	74,52	111,42	91,50	1 327,67
	Pšenice	854,19	419,21	495,32	454,29	495,32	419,21	478,76	367,58	443,69	402,66	4 830,23
	Topol	0,00	0,00	247,19	0,00	0,00	41,02	0,00	0,00	0,00	64,74	352,95
	Šťovík	0,00	475,37	67,65	86,87	83,25	81,95	41,67	76,56	41,67	54,34	1 009,33
Energetická výtěžnost [GJ/ha]	Chrastice	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	166,44	1 664,40
	Kukuřice	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	1 440,00
	Pšenice	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	697,05
	Topol	0,00	0,00	492,00	0,00	0,00	492,00	0,00	0,00	0,00	656,00	1 640,00
	Šťovík	0,00	152,07	152,07	152,07	152,07	152,07	152,07	152,07	152,07	152,07	1 368,59



6 Hodnocení výsledků

Hodnoty vývoje celkových pěstebních nákladů pro vybrané druhy biomasy jsou zobrazeny v (Grafu 1).



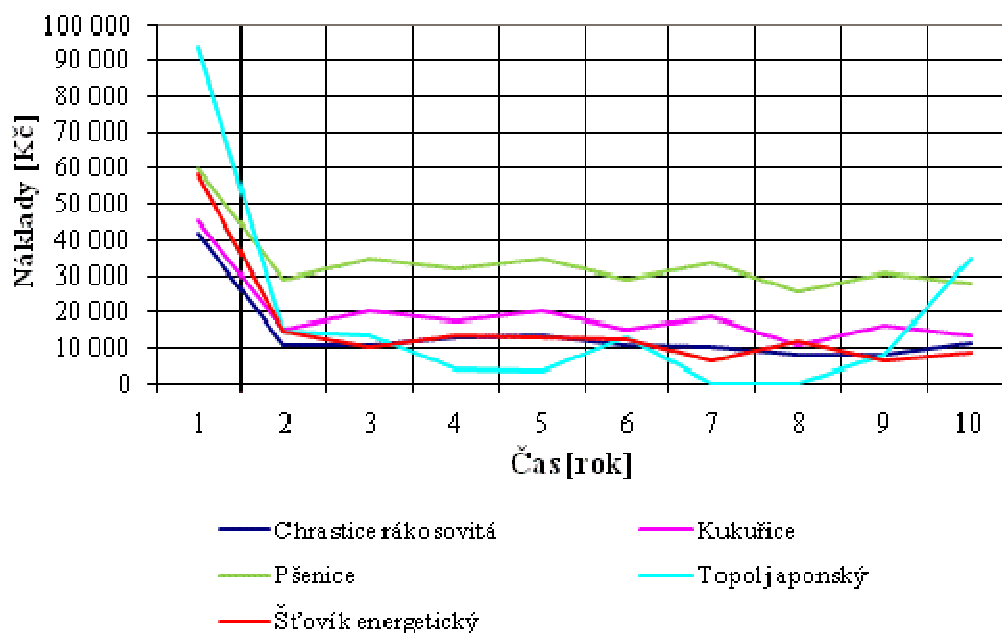
Graf 1: Vývoj nákladů

Z grafu je patrná výrazná nákladová náročnost pěstování pšenice. Výrazná odchylka od ostatních plodin se projevuje od čtvrtého roku produkce. Kdežto u ostatních plodin je průběh nákladů relativně podobný. Pěstební náklady jsou nejnižší u chrastice rákosovité, nejvyšší u pšenice.

Následující graf zobrazuje hodnoty pěstebních nákladů v jednotlivých letech.

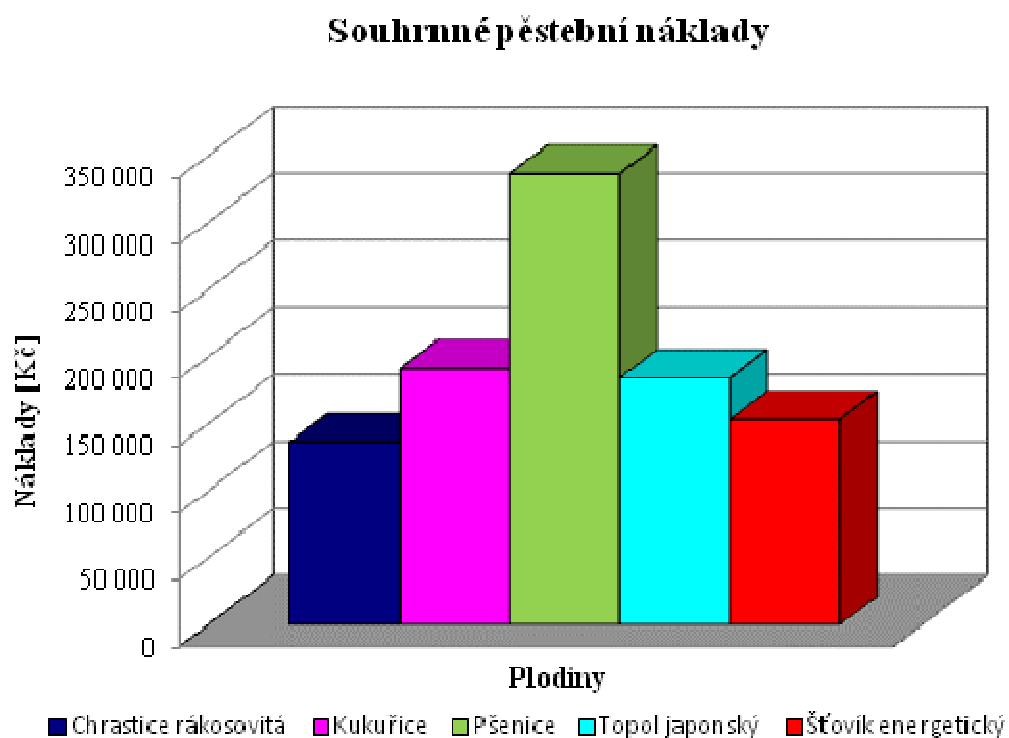


Náklady v jednotlivých letech



Graf 2: Náklady v jednotlivých letech

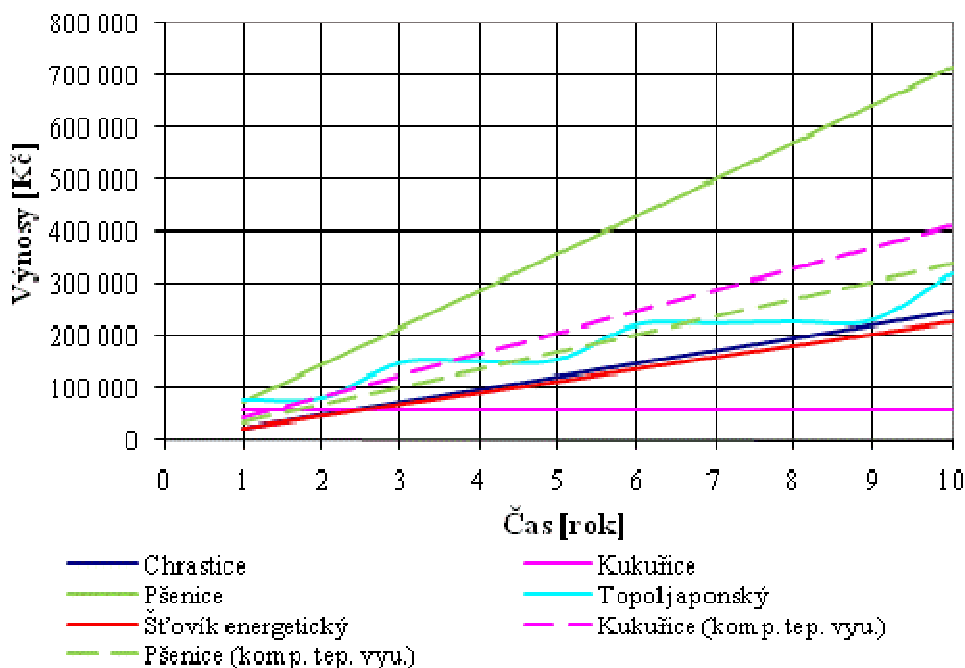
Z (Grafu 2) jsou patrné největší náklady na pěstování plodin v prvním roce. Souvisí s náklady na přípravu pozemku. Od druhého roku se náklady u všech rostlin snížily a po zbylou dobu pěstování se pohybují s menšími výkyvy na relativně stejné úrovni (pšenice, kukuřice, chrastice, šťovík). Nejvyšší pěstební náklady má pšenice, relativně nejnižší průběh nákladů je u topolu japonského.



Graf 3: Souhrnné pěstební náklady

Graf 3 znázorňuje vypočítané hodnoty celkových pěstebních nákladů pro desetiletý cyklus. U grafu vynikají výrazně vyšší náklady produkce pšenice. Chrastice disponuje nejmenšími náklady ze všech pěstovaných rostlin. Náklady pěstování šťovíku, topolu a kukuřice jsou vyšší oproti chrastici.

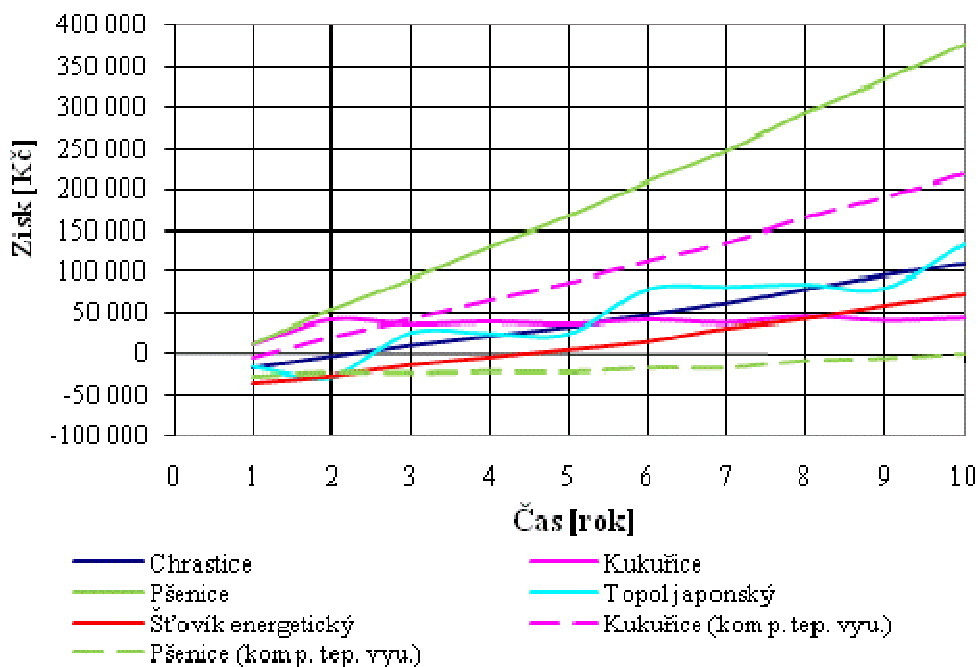
Vývoj výnosů



Graf 4: Vývoj výnosů

Hodnota výnosů byla odvozena z průměrné (očekávané) produkce jednotlivých druhů biomasy a jejich ceny. Proto má vývoj výnosů lineární trend, jak ukazuje (Graf č. 4). Výjimkou je topol japonský s delší než roční periodou sklizně. Příčinou výraznějších výnosů pšenice ve srovnání s ostatními plodinami (šťovík, chřastice, topol) je finanční zhodnocení jak zrna, tak i zbylé sušiny. Pro názornost a možnost porovnání jsou v grafu zobrazeny i hodnoty výnosů z prodeje obilovin (pšenice a kukuřice) k získání tepelné energie (v grafu vyznačeny čárkovaně). I v tomto případě vykazují obiloviny nejvyšší hodnoty výnosu. Zbylé energetické plodiny mají výnosy nižší.

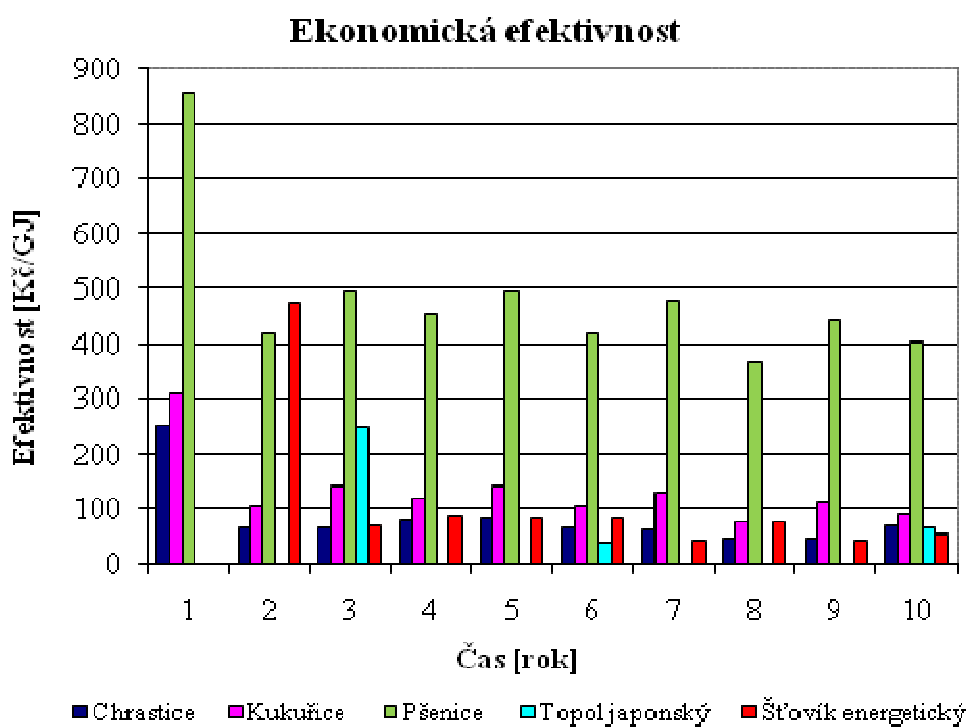
Vývoj zisků



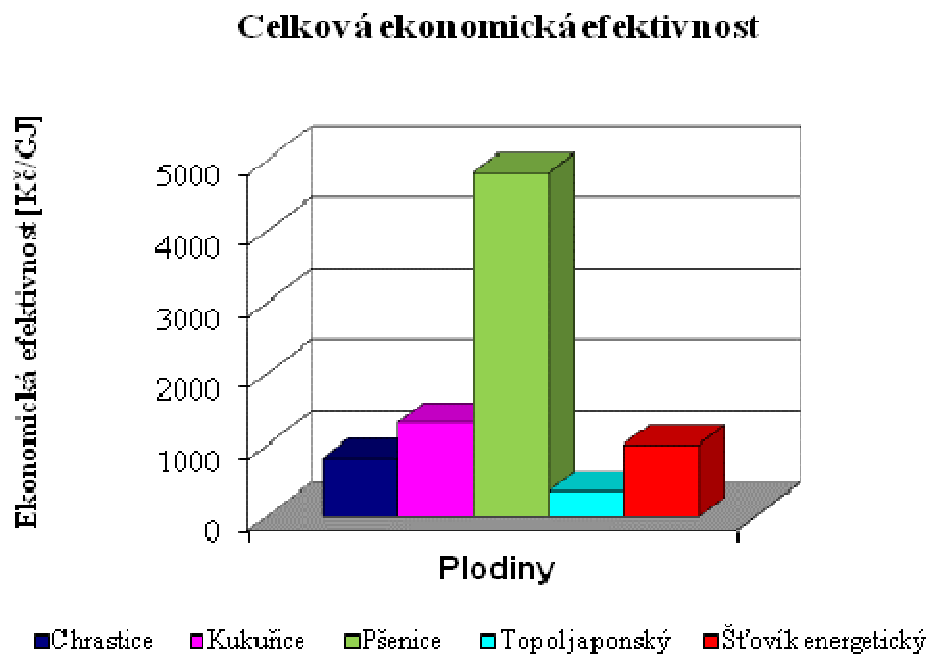
Graf 5: Vývoj zisků

Graf 5 znázorňuje vývoj hodnot zisku z prodeje vyprodukované hmoty. Viditelně největší peněžní zisk vykazuje pšenice, u které jsou finančně zhodnoceny obě vyprodukované složky (zrno i sušina). Ostatní plodiny vykazují zisk nižší. Nejmenší peněžní zisk je u kukuřice a u pšenice bez zahrnutí výnosů za zrno.

Následující dva grafy (Graf 6 a Graf 7) zobrazují hodnoty ekonomické efektivity pěstování biomasy k energetickému účelu v průběhu desetiletého pěstebního cyklu. Z (Grafu 6) hodnotově vyniká první období s nejvyššími pěstebními náklady, což se projevuje i na nejvyšší ceně získané tepelné energie. Energeticky nejvýhodnější se jeví topol japonský a chrastice rákosovitá. Tento závěr potvrzuje rovněž (Graf 7), který zobrazuje souhrnnou cenu získané tepelné energie za modelované desetileté období. Pěstování pšenice výhradně k energetickému účelu je podle těchto výsledků zcela neefektivní.



Graf 6: Ekonomická efektivnost v letech



Graf 7: Celková ekonomická efektivnost



7 Závěr

Cílem mé práce bylo zjistit nejefektivnější druh biomasy pro výrobu tepelné energie. Pro model bylo vybráno pět plodin různého typu (zemědělské plodiny, dřevina, energetické plodiny). U jednotlivých plodin byl sestaven pěstební model, ze kterého vychází nákladový model. Výsledky nákladového modelu a stanovená energetická bilance jsou vstupními hodnotami pro vyjádření výsledné ekonomické efektivity.

V modelu se vycházelo z předpokladů, že celý cyklus bude realizován po dobu deseti let na pozemku v našem vlastnictví. Veškerá strojní a zemědělská mechanizace je pořízena z našich prostředků.

Z výsledných dat získaných kalkulací pěstebních nákladů vybraných plodin je patrné, že nejefektivnější plodinou pro energetické využití je topol japonský. Tento závěr je podpořen nízkými provozními náklady, které v některých letech dosahují nulových hodnot. Výsledná ekonomická efektivnost je také ovlivněna nízkou energetickou výtěžností. Neefektivní plodinou se ukazuje pšenice, u které jsou největší provozní náklady, ale energetická výtěžnost je jedna z nejnižších. Celý proces je postaven na předpokladu věrohodnosti cen všech komodit, které vstupují do pěstebních procesů. Výrazným prvkem, který může zvýšit jak zájem o pěstování, tak zdokonalování jednotlivých postupů, jsou státem poskytované dotace.

Veškeré výsledky může zpochybnit mnoho faktorů. Jak s ohledem na změny ekonomických podmínek (ukončení státní dotace, změna cen výkupu biomasy i jednotlivých komodit), tak i z pohledu pěstebních podmínek (např. sucho).



Příloha A

Vývoj cen prodeje zrn (kukuřice, pšenice) je neustále v pohybu. V tabulkách jsou uvedeny čtvrtletní hodnoty od roku 2005 do roku 2009. Tyto hodnoty jsou převedeny z americké objemové jednotky do naší. Výsledná částka je vypočtena jako aritmetický průměr z uvedených hodnot.

Kukuřice		
Datum	Cena [Kč/(100*bušl)]	Cena [Kč/t]
02.03.09	7 858,88	4 958,28
02.12.08	7 042,66	4 443,32
02.09.08	9 745,56	6 148,62
25.06.08	11 803,95	7 447,29
03.03.08	9 342,72	5 894,46
03.12.07	7 217,00	4 553,31
04.09.07	7 190,76	4 536,76
01.06.07	8 141,46	5 136,57
02.03.07	9 006,03	5 682,04
01.12.06	8 165,70	5 151,86
01.09.06	5 414,12	3 415,85
02.06.06	5 716,79	3 606,81
02.03.06	5 684,82	3 586,64
02.12.05	5 027,19	3 171,73
02.09.05	5 074,96	3 201,87
02.06.05	5 369,45	3 387,67
02.03.05	4 954,88	3 126,11
Průměrná cena výkupu [Kč/t]		4 555,83

Pšenice		
Datum	Cena [Kč/(100*bušl)]	Cena [Kč/t]
02.03.09	11369,82	7 173,39
02.12.08	10687,86	6 743,13
02.09.08	13126,76	8 281,87
02.06.08	12614,68	7 958,79
03.03.08	18182,42	11 471,56
03.12.07	15681,55	9 893,72
04.09.07	16396,76	10 344,96
01.06.07	10962,83	6 916,61
02.03.07	10134,46	6 393,98
01.12.06	10987,83	6 932,38
01.09.06	9242,00	5 830,91
02.06.06	8894,61	5 611,74
02.03.06	9041,06	5 704,14
02.12.05	7908,70	4 989,72
02.09.05	7475,20	4 716,21
02.06.05	8004,68	5 050,27
02.03.05	7703,81	4 860,45
Průměrná cena výkupu [Kč/t]		6 992,58

1bušl→Ø15,85kg
4,5-27,2
15,85



Příloha B

Na přiloženém CD jsou uvedeny kompletní pěstební a nákladové modely v Excelu pod názvem jednotlivých rostlin (chrastice rákosovité, pšenice, kukuřice, topolu japonského a šťovíku energetického). V sešitu „Výsledky“, který je též na CD, jsou shrnuty výsledky do tabulek a grafů.



Seznam použité literatury

ČERMÁK, P. *Kukuřice a biopalivové šílenství*. finance.cz [online]. 2008. URL :< <http://stary.biom.cz/biom/5/strasil.html>>. ISSN 1213-4325.

HAVLÍČKOVÁ, K. – WENGER, J. A KOL. *Metodika analýzy potenciálu biomasy jako obnovitelného zdroje energie*. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, 2006. 83. ISBN: 80-85116-48-0

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Pravidla, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotace na projekty programu rozvoje venkova ČR na období 2007-2013*. Ministerstvo zemědělství ČR, 2007. ISBN: 978-80-7084-673-5

MOUDRÝ. *Pšenice obecná (Triticum aestivum L.)*. zf.jcu.cz [online]. 1999. URL: < <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Psenice.htm> >

PETRÍKOVÁ, V. *Vytrvalá krmná a energetická plodina*. Biom.cz [online]. 2004. URL: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vytrvala-krmna-a-energeticka-plodina>>, ISSN: 1801-2655

PROUZA, L. – PIKÁLEK, J., – JAKUBES, J. *Obnovitelné zdroje energie (příloha)*. Hospodářská komora České republiky, 2006, s.12

PROUZA, L. – PIKÁLEK, J., – JAKUBES, J. *Příručka obnovitelné zdroje energie*. Hospodářská komora České republiky, 2006, s.12–13

SIMANOV, V., ČÍŽEK, V. *Pěstování dřevin pro energetické využití a energetické využití dřeva*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 79, s.9–10

SIMANOV, V., ČÍŽEK, V. *Pěstování dřevin pro energetické využití a energetické využití dřeva*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 79, s.14–15



SIMANOV, V., ČÍŽEK, V. *Pěstování dřevin pro energetické využití a energetické využití dřeva*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 79, s.15

STRAŠIL, Z. *Energetické rostliny – 1 – Chrastice rákosovitá*. stary.biom.cz [online]. 1999.
URL :< <http://stary.biom.cz/biom/5/strasil.html>>.